

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年 8月28日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-249674

[ ST.10/C ]:

[ JP2002-249674 ]

出 願 人

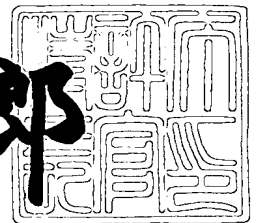
Applicant(s):

京セラ株式会社

2003年 5月20日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3036905

【書類名】 特許願

【整理番号】 27181

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 C23F 4/00

【発明者】

    【住所又は居所】 滋賀県八日市市蛇溝町長谷野 1 1 6 6 番地の 6 京セラ  
                                株式会社滋賀八日市工場内

    【氏名】 猪股 洋介

【特許出願人】

    【識別番号】 000006633

    【住所又は居所】 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町 6 番地

    【氏名又は名称】 京セラ株式会社

    【代表者】 西口 泰夫

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 005337

    【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

    【物件名】 明細書 1

    【物件名】 図面 1

    【物件名】 要約書 1

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 基板の加工方法、加工装置、およびそれに用いる開口プレート

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 加工される基板の表面側に開口部が多数形成された開口プレートを配設してドライエッチング法で粗面状にする基板の加工方法において、前記開口プレートの各開口部がこの開口プレートと前記加工される基板表面との距離の  $1/2$  以下の直径の仮想円柱は通過できるがそれよりも大きい直径の仮想円柱は通過できないような形状であることを特徴とする基板の加工方法。

【請求項 2】 前記ドライエッチング法が反応性イオンエッチング法であることを特徴とする請求項 1 に記載の基板の加工方法。

【請求項 3】 加工される基板の表面側に開口部が多数形成された開口プレートを配設した基板の加工装置において、前記開口プレートの各開口部がこの開口プレートと前記加工される基板表面との距離の  $1/2$  以下の直径の仮想円柱は通過できるがそれよりも大きい直径の仮想円柱は通過できないような形状であることを特徴とする基板の加工装置。

【請求項 4】 前記開口プレートを前記基板から  $5 \sim 30 \text{ mm}$  離して配設したことを特徴とする請求項 3 に記載の基板の加工装置。

【請求項 5】 前記開口プレートがアルミニウムまたはガラスから成ることを特徴とする請求項 3 または 4 に記載の基板の加工装置。

【請求項 6】 加工される基板の表面側に配設される開口部が多数形成された基板の加工装置用開口プレートにおいて、前記開口プレートの各開口部がこの開口プレートと前記加工される基板表面との距離の  $1/2$  以下の直径の仮想円柱は通過できるがそれよりも大きい直径の仮想円柱は通過できないような形状であることを特徴とする基板の加工装置用開口プレート。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は基板の加工方法、加工装置、およびそれに用いる開口プレートに関し、特に太陽電池などに用いられるシリコン基板等を粗面状にできる基板の加工方

法、加工装置、およびそれに用いる開口プレートに関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術および発明が解決しようとする課題】

太陽電池は入射した光エネルギーを電気エネルギーに変換するものである。太陽電池のうち主要なものは使用材料の種類により結晶系、アモルファス系、化合物系などに分類される。このうち、現在市場で流通しているのはほとんどが結晶系シリコン太陽電池である。この結晶系シリコン太陽電池はさらに単結晶型、多結晶型に分類される。単結晶型のシリコン太陽電池は基板の品質がよいために高効率化が容易であるという長所を有する反面、基板の製造が高コストになるという短所を有する。これに対して多結晶型のシリコン太陽電池は基板の品質が劣るために高効率化が難しいという短所はあるものの、低コストで製造できるという長所がある。また、最近では多結晶シリコン基板の品質の向上やセル化技術の進歩により、研究レベルでは 1 8 % 程度の変換効率が達成されている。

【 0 0 0 3 】

一方、量産レベルの多結晶シリコン太陽電池は低コストであったため、従来から市場に流通してきたが、近年環境問題が取りざたされる中でさらに需要が増してきており、低コストでより高い変換効率が求められるようになった。

【 0 0 0 4 】

太陽電池では、電気エネルギーへの変換効率を向上させるために従来から様々な試みがなされてきた。そのひとつに基板に入射する光の反射を低減する技術があり、表面での光の反射を低減することで電気エネルギーへの変換効率を高めることができる。

【 0 0 0 5 】

シリコン基板を用いて太陽電池素子を形成する場合、基板の表面を水酸化ナトリウムなどのアルカリ水溶液でエッチングすると、基板の表面に微細な凹凸が形成され、反射をある程度低減できる。面方位が ( 1 0 0 ) 面の単結晶シリコン基板を用いた場合、このような方法でテクスチャ構造と呼ばれるピラミッド構造を基板の表面に均一に形成することができるものの、アルカリ水溶液によるエッチングは結晶の面方位に依存することから、多結晶シリコン基板で太陽電池素子を

形成する場合、ピラミッド構造を均一には形成できず、そのため全体の反射率も効果的には低減できないという問題がある。

【 0 0 0 6 】

このような問題を解決するために、太陽電池素子を多結晶シリコンで形成する場合に、その表面に微細な凹凸を反応性イオンエッチング (Reactive Ion Etching) 法で形成することが提案されている (例えば特公昭 6 0 - 2 7 1 9 5 号、特開平 5 - 7 5 1 5 2 号、特開平 9 - 1 0 2 6 2 5 号公報参照)。すなわち、多結晶シリコンにおける不規則な結晶の面方位に左右されずに微細な凹凸を均一に形成し、多結晶シリコンを用いた太陽電池素子においても反射率をより効果的に低減しようとするものである。

【 0 0 0 7 】

しかしながら、上述のような凹凸の形成条件は微妙であり、また装置の構造によっても変化する。凹凸を均一に形成できない場合は、入射した光を太陽電池に有効に取り込むことができず、太陽電池の光電変換効率は向上しない。個々の太陽電池の価値はその発電効率で決まることから、そのコストを低減するには、太陽電池の変換効率を向上させなければならない。

【 0 0 0 8 】

また、反応性イオンエッチング法に用いられる装置は一般に平行平板電極型をしており、基板を設置している電極の側に R F 電圧を印加し、他の一方の側および内部の側壁をアースに接続する。このチャンバ内部を真空引きしてエッチングガスを導入して圧力を一定に保持しながら被エッチング基板をエッチングし、エッチングが完了した後にチャンバ内部を大気圧に戻す。

【 0 0 0 9 】

このような手順を踏むことから、反応性イオンエッチング装置では真空引きおよび大気リークの待ち時間が長い。また、反応性イオンエッチング装置は L S I などの精密な小型半導体素子に用いられる場合が多いが、太陽電池に用いる際には太陽電池自身の面積が大きいため、1 回あたりの処理枚数が少なく、製造コストが高くなるという問題があった。そのため反応性イオンエッチング装置を太陽電池の製造工程に用いる場合には、いかに高タクトで 1 回あたりの処理枚数を増

やすかが重要なポイントである。

【 0 0 1 0 】

タクトを向上させるための方法の一つとして、特願 2 0 0 1 - 2 9 8 6 7 1 号による方法がある。この方法ではシリコン基板の表面にエッチング残渣を付着させながらエッチングして粗面化した後、このエッチング残渣を除去する方法をとるが、このエッチングの際にマスクとなる残渣を速く形成するために、エッチングされる基板を多数の開口部が形成された開口プレートで覆蓋してエッチングする。この方法によれば凹凸の形成速度が速くなると同時に、バッチ内でのエッチングの均一性が向上し、1 回あたりの処理枚数を増やすことができる。

【 0 0 1 1 】

しかしながら、このような方法でエッチングしても開口プレートの開口パターンが適切でないと基板の表面に形成される凹凸にムラが生じるという問題が発生する。

【 0 0 1 2 】

本発明はこのような従来技術の問題点に鑑みてなされたものであり、半導体基板、特に太陽電池に用いられる基板の表面の凹凸を高タクトで均一に形成する基板の加工方法、加工装置、およびそれに用いる開口プレートを提供することを目的とする。

【 0 0 1 3 】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、請求項 1 に係る基板の加工方法では、加工される基板の表面側に開口部が多数形成された開口プレートを配設してドライエッチング法で粗面状にする基板の加工方法において、前記開口プレートの各開口部がこの開口プレートと前記加工される基板表面との距離の  $1/2$  以下の直径の仮想円柱は通過できるがそれよりも大きい直径の仮想円柱は通過できないような形状であることを特徴とする。

【 0 0 1 4 】

また、上記基板の加工方法では、前記ドライエッチング法は反応性イオンエッチング法であることが望ましい。

【 0 0 1 5 】

請求項 4 に係る基板の加工装置では、加工される基板の表面側に開口部が多数形成された開口プレートを配設した基板の加工装置において、前記開口プレートの各開口部がこの開口プレートと前記加工される基板表面との距離の  $1/2$  以下の直径の仮想円柱は通過できるがそれよりも大きい直径の仮想円柱は通過できないような形状であることを特徴とする。

【 0 0 1 6 】

上記基板の加工装置では、前記開口プレートは前記基板から  $5 \sim 30 \text{ mm}$  離して設置することが望ましい。

【 0 0 1 7 】

また、上記基板の加工装置では、前記開口プレートはアルミニウムまたはガラスから成ることが望ましい。

【 0 0 1 8 】

請求項 7 に係る基板の加工装置用開口プレートでは、加工される基板の表面側に配設される開口部が多数形成された基板の加工装置用開口プレートにおいて、前記開口プレートの各開口部がこの開口プレートと前記加工される基板表面との距離の  $1/2$  以下の直径の仮想円柱は通過できるがそれよりも大きい直径の仮想円柱は通過できないような形状であることを特徴とする。

【 0 0 1 9 】

【発明の実施の形態】

以下、本発明を添付図面に基づいて詳細に説明する。

【 0 0 2 0 】

図 1 は本発明に係る基板の加工方法と加工装置によって形成される太陽電池素子の構造を示す図である。図 1 において、1 はシリコン基板、2 は凹凸、3 は受光面側の不純物拡散層、4 は裏面側の不純物拡散層（BSF）、5 は反射防止膜、6 は表面電極、7 は裏面電極を示している。

【 0 0 2 1 】

前記シリコン基板 1 は単結晶もしくは多結晶のシリコン基板である。この基板は p 型、n 型いずれでもよい。単結晶シリコンの場合は引き上げ法などによって

形成され、多結晶シリコンの場合は鋳造法などによって形成される。多結晶シリコンは、大量生産が可能で製造コスト面で単結晶シリコンよりもきわめて有利である。引き上げ法や鋳造法によって形成されたインゴットを $300\mu\text{m}$ 程度の厚みにスライスして、 $15\text{cm}\times 15\text{cm}$ 程度の大きさに切断してシリコン基板となる。

#### 【0022】

シリコン基板1の表面側には、入射する光を反射させずに有効に取り込むために凹凸2を形成する。これは真空引きされたチャンバ内にガスを導入して一定圧力に保持してチャンバ内に設けられた電極にRF電力を印加することでプラズマを発生させ、生じた活性種であるイオン・ラジカル等の作用により基板の表面をエッチングするものである。反応性イオンエッチング(RIE)法と呼ばれるこの方法は図2および図3のように示される。

#### 【0023】

図2および図3において、1はシリコン基板、8はマスフローコントローラ、9はRF電極、10は圧力調整器、11は真空ポンプ、12はRF電源である。装置内にマスフローコントローラ8部分からエッチングガスを導入するとともに、RF電極9からRF電力を供給することでプラズマを発生させてイオンやラジカルを励起活性化して、RF電極9の上部に設置したシリコン基板1の表面に作用させてエッチングする。図2に示す装置では、RF電極9を装置内に設置して1枚のシリコン基板1の表面をエッチングするが、図3に示す装置では、RF電極9を装置の外壁に設置して複数枚のシリコン基板1の表面を同時にエッチングするようにしている。

#### 【0024】

発生した活性種のうち、イオンがエッチングに作用する効果を大きくした方法を一般に反応性イオンエッチング法と呼んでいる。類似する方法にプラズマエッチングなどがあるが、プラズマの発生原理は基本的に同じであり、基板に作用する活性種の種類の分布をチャンバ構造、電極構造、あるいは発生周波数等により異なる分布に変化させているだけである。そのため、本発明は反応性イオンエッチング法に限らず、プラズマエッチング法全般に対して有効である。



## 【 0 0 2 5 】

シリコンはエッチングすると基本的には気化するが、一部は気化しきれずに分子同士が吸着して基板の表面に残渣として残る。つまり、シリコン基板 1 の表面を反応性イオンエッチング法および類似のドライエッチング法で粗面化する際に、エッチングされたシリコンを主成分とするエッチング残渣をシリコン基板 1 の表面に再付着させる速度を促進させ、これをエッチングのマイクロマスクとして利用することでシリコン基板 1 の表面に凹凸を形成するものである。なお、このエッチング残渣は最終的には除去される。

## 【 0 0 2 6 】

また、ガス条件、反応圧力、RF パワーなどをシリコンのエッチング残渣がシリコン基板 1 の表面に残るような条件に設定すると、凹凸を確実に形成することができる。ただし、その凹凸のアスペクト比は最適化する必要がある。逆に、シリコン基板 1 の表面にエッチング残渣が残らないような条件では凹凸を形成することは困難である。

## 【 0 0 2 7 】

本発明では、シリコン基板 1 を多数の開口部 1 4 が形成された開口プレート 1 3 で覆蓋してエッチングする。このような開口プレート 1 3 を用いることによって、エッチング残渣の生成を促進させ、これに伴って凹凸の形成を促進させる。

## 【 0 0 2 8 】

図 4 に開口プレート 1 3 の一例を示す。この開口プレート 1 3 は、加工のし易さという面では金属、特にアルミニウムが好ましいが、ステンレスなどはシリコンをエッチングするガスに曝されると腐食するために不適である。一方、エッチング中はプラズマに曝されるために発熱する。この温度は条件によって大幅に変わるが、プラズマに曝されると温度が上昇し、エッチングが終了すればシリコン基板 1 を大気中で取り出すため、温度の上下動に耐えうる材質のものであることが好ましい。そのため、プラズマに曝される場合にはガラス材などが望ましい。このように条件によって好ましい材質を選択する。

## 【 0 0 2 9 】

図 5 に開口プレート 1 3 とシリコン基板 1 の設置方法の一例を示す。開口プレ

ート 1 3 とシリコン基板 1 とは、5 ～ 3 0 m m の間隔に保持してエッチングすることが望ましい。このようにすることで、エッチングの際に生成して揮発するシリコン化合物からなる残渣をシリコン基板 1 と開口プレート 1 3 の間に閉じ込める効果が生じ、残渣が基板 1 上に生成しやすくなり、残渣の形成を促進できると同時に、凹凸の形成を促進できる。この開口プレート 1 3 とシリコン基板 1 の間隔が 5 m m 以下では開口プレート 1 3 の開口部 1 4 が凹凸を形成する際にシリコン基板 1 の表面に模様として転写されてムラとなる。また、3 0 m m 以上では残渣を速く形成して凹凸の形成を促進する効果が弱くなる。

#### 【 0 0 3 0 】

開口プレート 1 3 とシリコン基板 1 とを所定間隔に保持するための方法は、特に限定されない。例えば図 4 のように開口プレート 1 3 の裏面側の周縁部に側壁 1 7 を設けるのが簡単である。エッチングされるシリコン基板 1 の枚数が多く、開口プレート 1 3 が大面積になる場合には、開口プレート 1 3 の中央部が自重によって垂れ、シリコン基板 1 と開口プレート 1 3 との距離が狭まって開口部 1 4 の跡がシリコン基板 1 に転写されてムラとなる可能性がある。このような場合には開口プレート 1 3 の厚みを増したり、側壁 1 7 の高さを高くするなどの対策が有効である。また、開口プレート 1 3 の中央の厚みを薄くするという方法も有効である。開口プレート 1 3 の厚みは、強度、材料コスト、およびエッチング条件などの関係により設定することができる。

#### 【 0 0 3 1 】

また、開口プレート 1 3 を平面視したときの全面積に対する開口部の比率である開口率は 5 ～ 4 0 % にするのが望ましい。開口率が 5 % より小さいとシリコン基板 1 のエッチングに必要なガスの供給が不十分となり、逆に残渣の形成速度が遅くなるために凹凸の形成が遅くなる。また、開口率が 4 0 % より大きいとシリコン化合物が揮発する際に開口プレート 1 3 とシリコン基板 1 との間に閉じ込める効果が弱くなり、残渣の形成の促進効果が弱くなる。

#### 【 0 0 3 2 】

この開口部 1 4 のパターンは特に制限はないが、パターンが複雑になることを避けるために、ドット形状やスリット形状などの繰り返しパターンに形成するこ

とが望ましい。しかしながら、上記のように開口プレート 1 3 と基板 1 とを設置しても、基板 1 と開口プレート 1 3 との距離と開口形状との関係が適切でないと基板 1 の表面の凹凸 2 の形成にムラが発生することが確認された。例えば開口率が全体として 5 ~ 4 0 % であっても、ある特定の領域の面積あたりの開口率が 7 0 % であるとその下部に形成される凹凸 2 は他の部分で形成される凹凸 2 に比してムラとなってしまう。

#### 【 0 0 3 3 】

また、この開口部 1 4 によるムラはプレート 1 3 とシリコン基板 1 との間の距離と密接な関係があり、開口プレート 1 3 とシリコン基板 1 の間の距離が小さいほどムラは発生しやすくなる。

#### 【 0 0 3 4 】

また、開口部 1 4 の大きさに関しては、全体の開口率が同じであった場合でも、個々の開口部 1 4 が大きい場合には小さい場合に対してムラが発生しやすくなることがわかった。

#### 【 0 0 3 5 】

そこでこれらの関係について詳細に調べた結果、開口プレート 1 3 の各開口部 1 4 の形状パターンがある一定のまとまった開口を有するとムラが発生しやすくなることがわかった。この領域の大きさは開口プレート 1 3 と加工される基板表面との距離によって決まり、この開口プレート 1 3 と加工される基板 1 表面との距離の  $1/2$  よりも大きい直径の仮想的な円柱 1 8 が通過する形状であるとムラが発生しやすくなることがわかった。

#### 【 0 0 3 6 】

そこで本発明では、加工される基板 1 の表面側に開口部 1 4 が多数形成された開口プレート 1 3 を配設してドライエッチング法で粗面上にする基板の加工方法において、開口プレート 1 3 の各開口部 1 4 が前記開口プレート 1 3 と加工される基板 1 の表面との距離の  $1/2$  以下の直径の仮想円柱は通過できるがそれよりも大きい直径の仮想円柱は通過できないような形状であることを特徴とする。

#### 【 0 0 3 7 】

図 6 にこの概念図を示す。図 6 において、1 8 は仮想円柱を示す。このように

開口部 1 4 を通過できる最大の仮想円柱 1 8 の直径 R を開口プレート 1 3 とシリコン基板 1 間の距離 H の  $1/2$  以下となるように開口部 1 4 を形成することによってムラのない凹凸 2 を形成できる。

【 0 0 3 8 】

開口プレート 1 3 の開口部 1 4 のパターン形状は特に問わない。例えば図 4 に示すようなスリット形状などのパターン形状にすることもできるし、ドット状の千鳥パターン形状にすることもできる。ただし、開口していない大きい領域があると、凹凸 2 のパターンにムラが発生する。

【 0 0 3 9 】

ここではバルク型シリコン太陽電池を例にとって説明したが、本発明はバルク型、シリコン、太陽電池のいずれにも限定されるものではない。

【 0 0 4 0 】

【発明の効果】

以上のように、請求項 1 に係る基板の加工方法によれば、開口プレートと加工される基板表面との距離の  $1/2$  以下の直径の仮想円柱は通過できるがそれよりも大きい直径の仮想円柱は通過できないような開口部の形状を有する開口プレートを用いることにより、ムラのない均一な凹凸を形成できる。

【 0 0 4 1 】

また、請求項 4 に係る基板の加工装置によれば、開口プレートと前記加工される基板表面との距離の  $1/2$  以下の直径の仮想円柱は通過できるがそれよりも大きい直径の仮想円柱は通過できないような開口部の形状を有する開口プレートを設けた装置とすることにより、ムラのない均一な凹凸を形成することが可能となる。

【 0 0 4 2 】

また、請求項 7 に係る基板の加工装置用開口プレートによれば、各開口部がこの開口プレートと前記加工される基板表面との距離の  $1/2$  以下の直径の仮想円柱は通過できるがそれよりも大きい直径の仮想円柱は通過できないような形状であることから、ムラのない均一な凹凸を形成することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明に係る基板の加工方法を用いて作成した太陽電池素子を示す図である。

【図 2】

本発明に係る基板の加工装置の一例を示す図である。

【図 3】

本発明に係る基板の加工装置の他の例を示す図である。

【図 4】

本発明に係る基板の加工方法に用いる開口プレートの一例を示す図である。

【図 5】

本発明に係る基板の加工方法に用いる開口プレートの一例を示す断面図である。

【図 6】

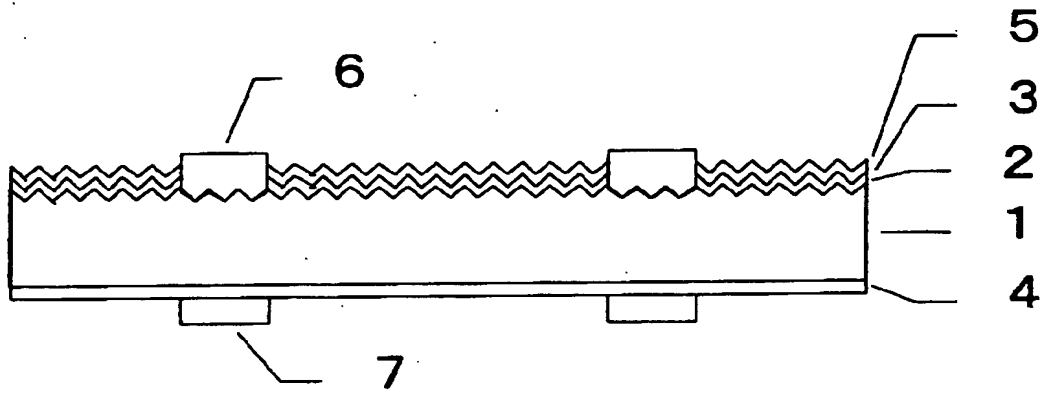
本発明に係る基板の加工方法に用いる開口プレートの開口部の大きさを説明するための図である。

【符号の説明】

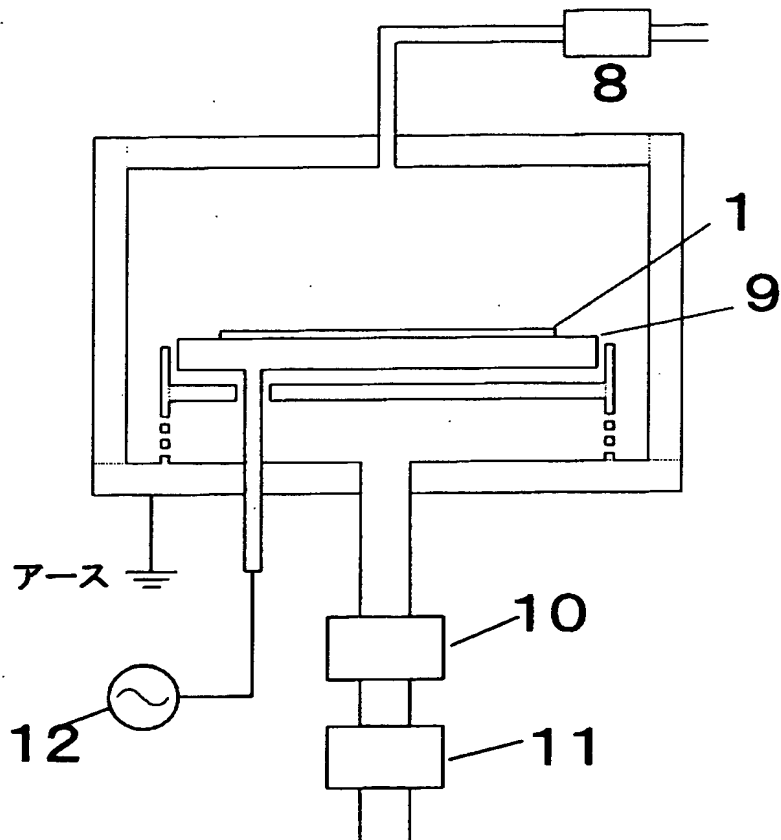
1 ; 基板、 2 ; 凹凸、 8 ; マスフローコントローラ、 9 ; RF電極、 10 ; 圧力調整器、 11 ; 真空ポンプ、 12 ; RF電源、 13 ; 開口プレート、 14 ; 開口部、 17 ; 側壁、 18 ; 仮想円柱

【書類名】 図面

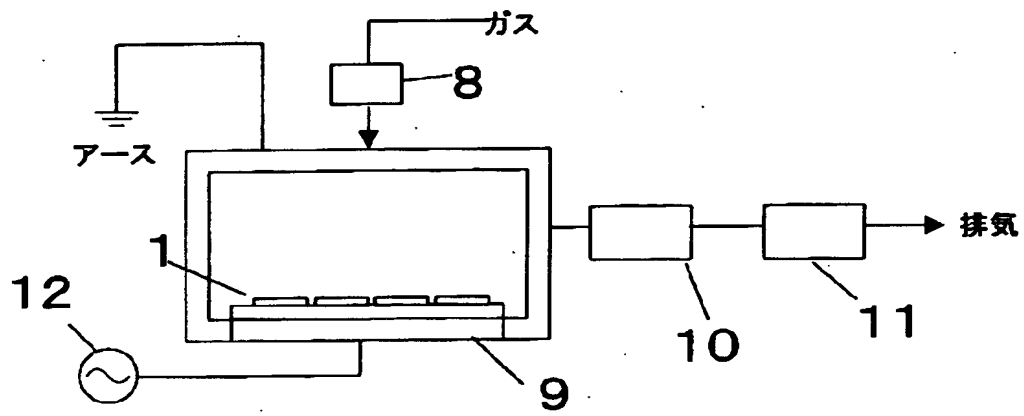
【図 1】



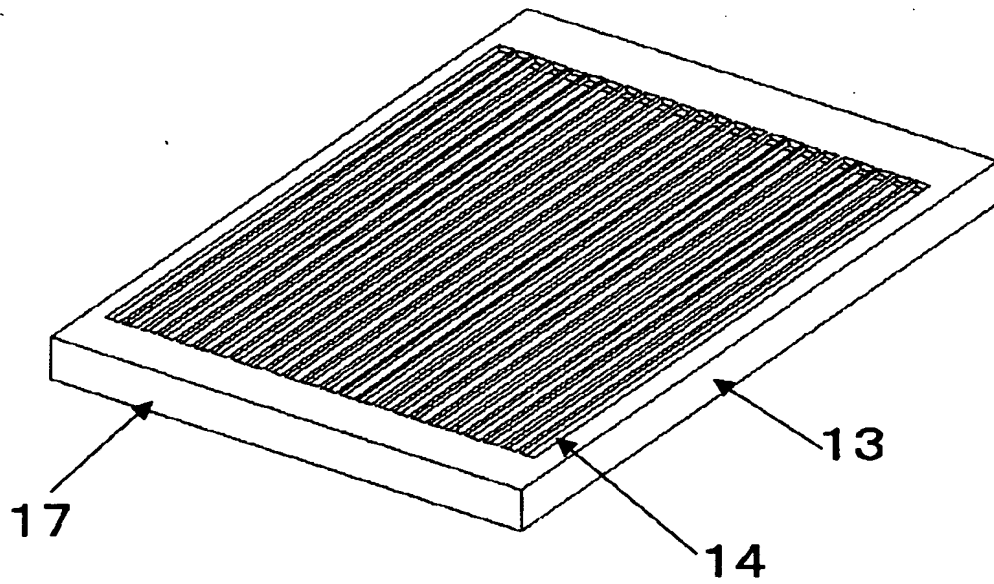
【図 2】



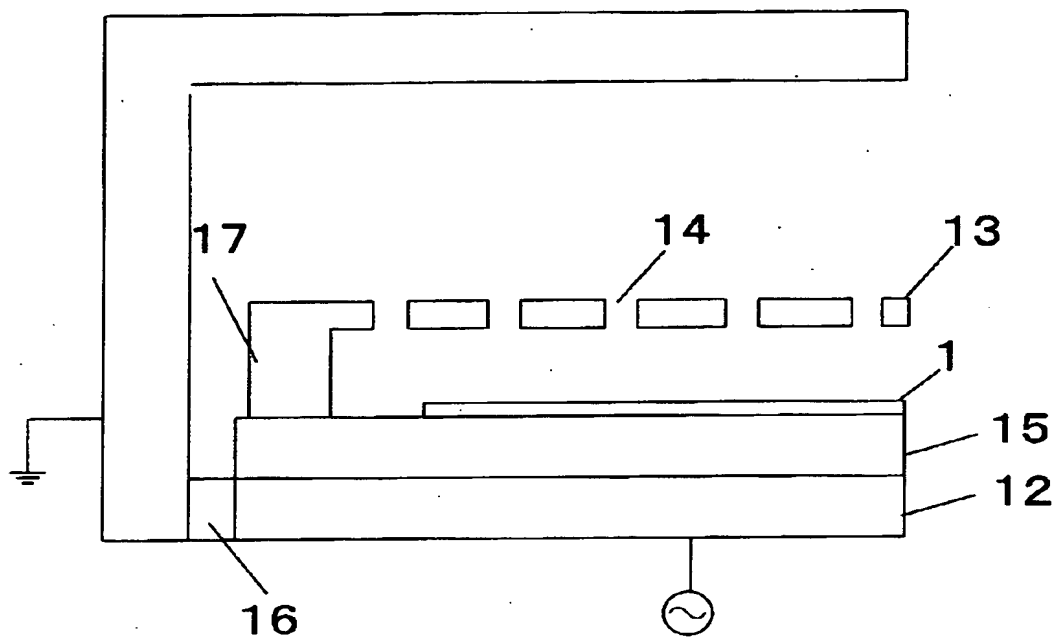
【図 3】



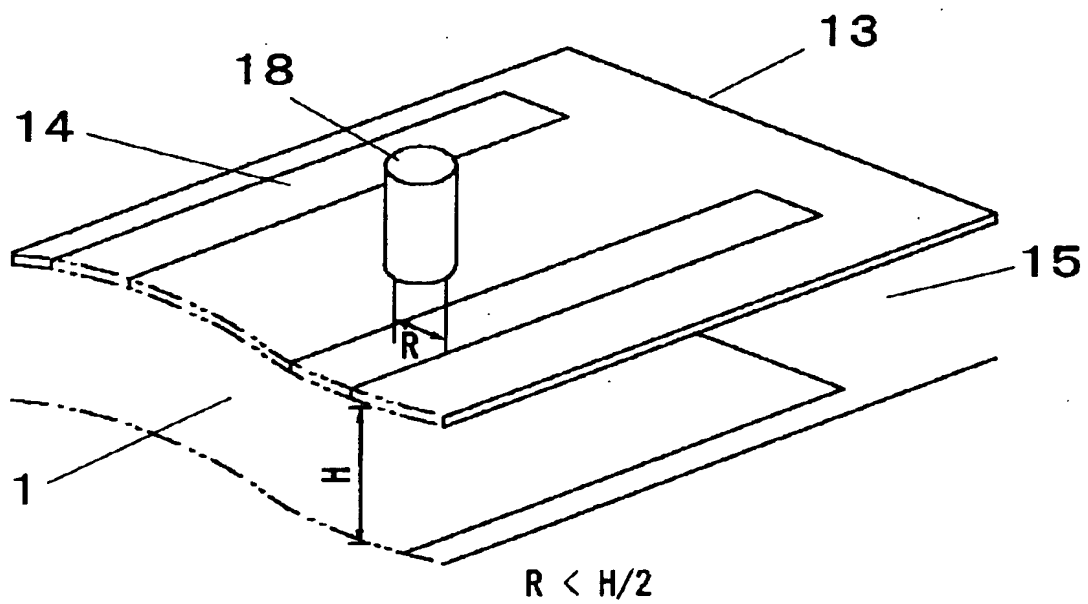
【図 4】



【図 5】



【図 6】





【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 太陽電池に用いる基板などの表面の凹凸を効率よく均一に形成する方法を提供する。

【解決手段】 加工される基板 1 の表面側に開口部 1 4 が多数形成された開口プレート 1 3 を配設してドライエッチング法で粗面状にする基板の加工方法であって、上記開口プレートの各開口部をこの開口プレートと上記加工される基板表面との距離の  $1/2$  以下の直径の仮想円柱は通過できるがそれよりも大きい直径の仮想円柱は通過できないような形状とした。

【選択図】 図 6

認 定 ・ 付 加 情 報

特許出願の番号	特願 2 0 0 2 - 2 4 9 6 7 4
受付番号	5 0 2 0 1 2 8 1 7 6 6
書類名	特許願
担当官	第五担当上席 0 0 9 4
作成日	平成 1 4 年 8 月 2 9 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】	平成14年 8月28日
-------	-------------

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000006633]

1. 変更年月日	1998年 8月21日
[変更理由]	住所変更
住 所	京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地
氏 名	京セラ株式会社